

Основы электротехники

Отчет по лабораторной работе №3

Исследование линейных двухполюсников в электрических цепях

однофазного синусоидального тока

**Группа** P3332

**Вариант** 88

**Выполнил**: Терновский Илья Евгеньевич

Дата сдачи отчета: 21.10.2024

Дата защиты: 23.10.2024

Контрольный срок защиты: 23.10.2024

Количество баллов:

г. Санкт-Петербург 2024 г.

Оглавление

[**Цель работы** 3](#_Toc180440131)

[**Часть 1** 3](#_Toc180440132)

[Схема 1 3](#_Toc180440133)

[Схема 2 4](#_Toc180440134)

[Схема 3 5](#_Toc180440135)

[Схема 4 6](#_Toc180440136)

[Схема 5 7](#_Toc180440137)

[Схема 6 9](#_Toc180440138)

[Схема 7 10](#_Toc180440139)

[Схема 8 11](#_Toc180440140)

[Схема 9 13](#_Toc180440141)

[Таблица 14](#_Toc180440142)

[Вывод по части 1: 14](#_Toc180440143)

[**2 часть** 15](#_Toc180440144)

[Схема 6: 15](#_Toc180440145)

[Таблица измерений и расчетов 2.3: 16](#_Toc180440146)

[Графики характеристик для схемы 6: 17](#_Toc180440147)

[Векторная диаграмма для схемы 6: 19](#_Toc180440148)

[Схема 9: 19](#_Toc180440149)

[Вычисление резонансной частоты: 20](#_Toc180440150)

[Таблица 2.4: 20](#_Toc180440151)

[Графики характеристик схемы 9: 21](#_Toc180440152)

[Векторная диаграмма для схемы 9: 22](#_Toc180440153)

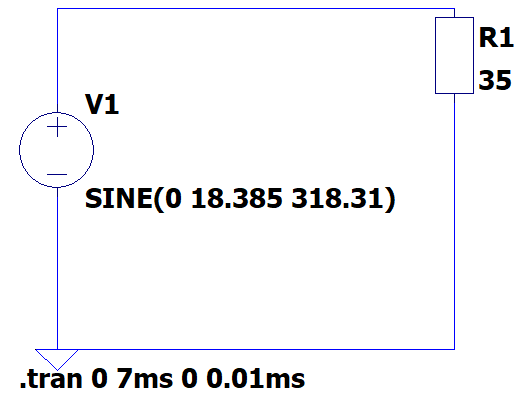
[**Вывод по ч.2:** 23](#_Toc180440154)

# **Цель работы**

Исследование свойств линейных цепей синусоидального тока, а также особых режимов работы, таких как резонанс напряжений и токов.

# **Часть 1**

## Схема 1



Изображение 1 Схема 1

Графики исследуемых характеристик

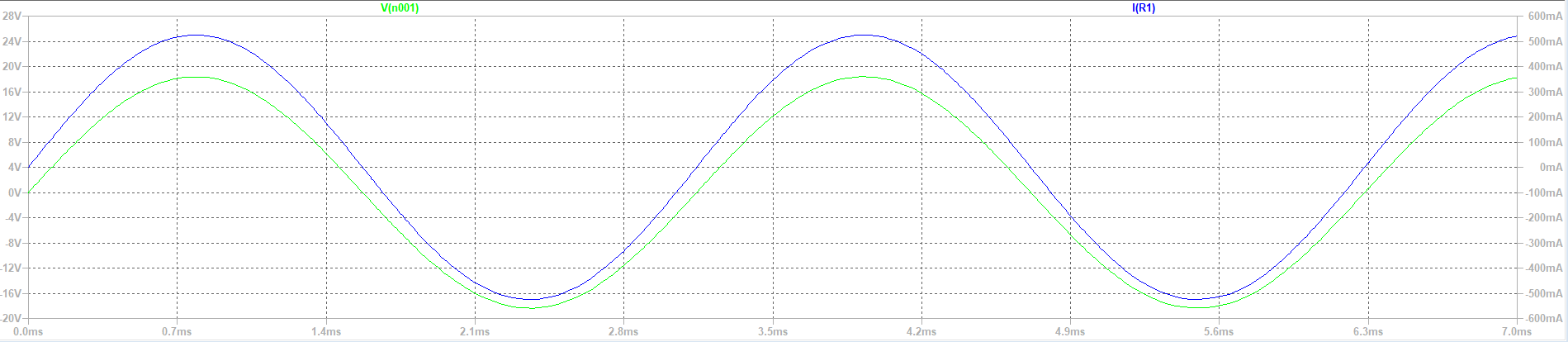


График 1 Характеристики для схемы 1

**Полученные измерения:**

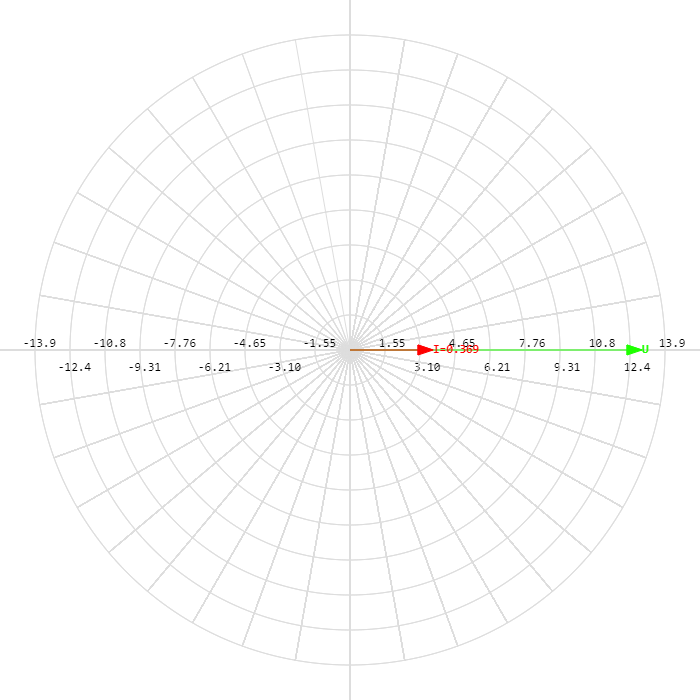
, так как синусоиды не имеют сдвига

**Расчётные формулы:**

Дано:

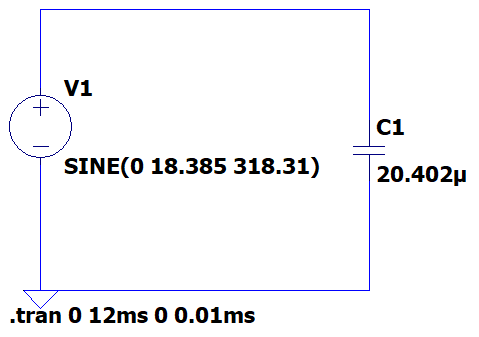
Найти: I

Решение:



Векторная диаграмма 1

## Схема 2



Изображение 2 Схема 2

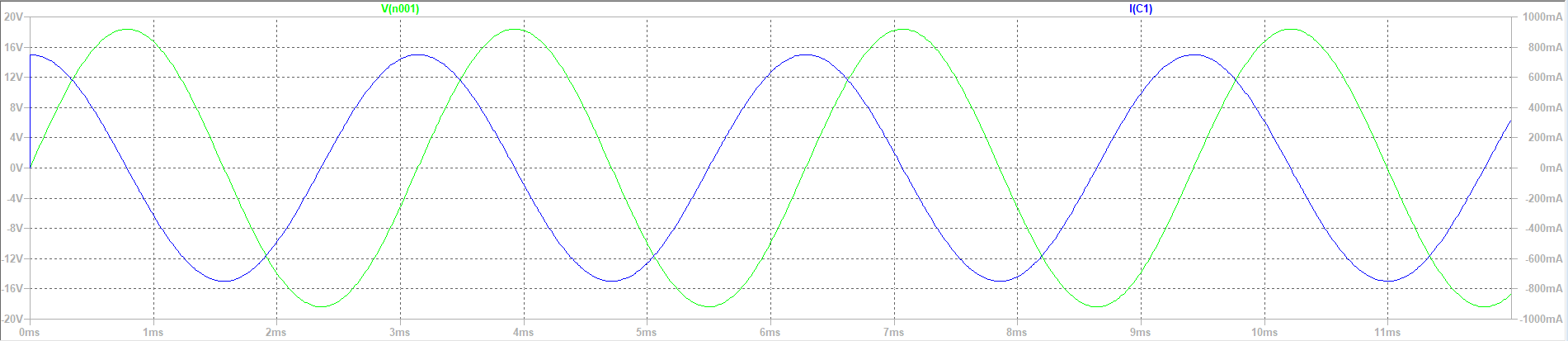


График 2 Исследуемые характеристики

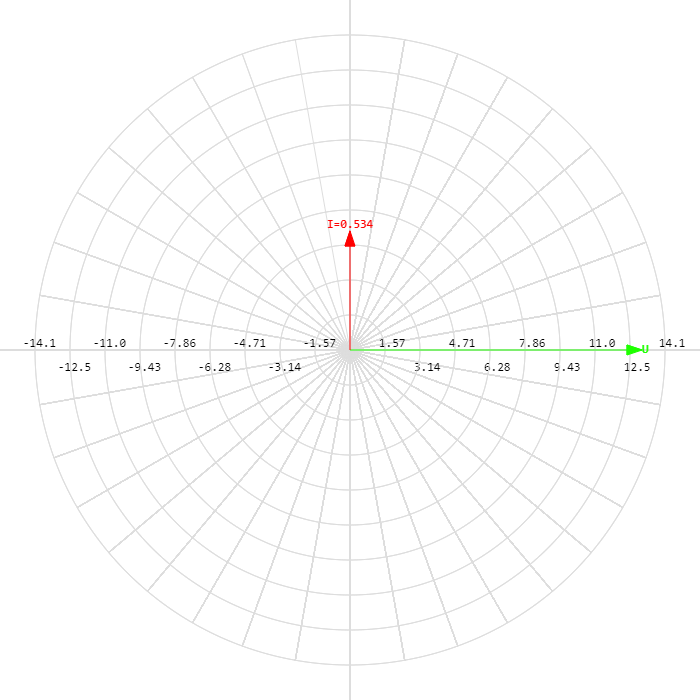
**Полученные измерения:**

**Расчётные формулы:**

Дано:

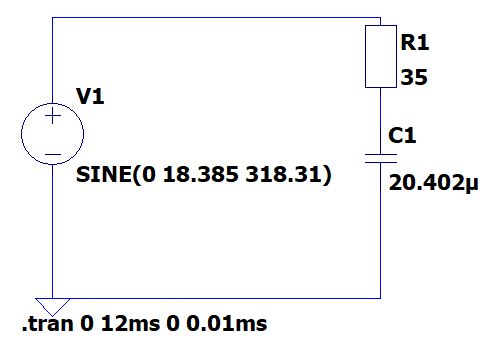
Найти: I

Решение:



Векторная диаграмма 2

## Схема 3



Изображение 3 Схема 3

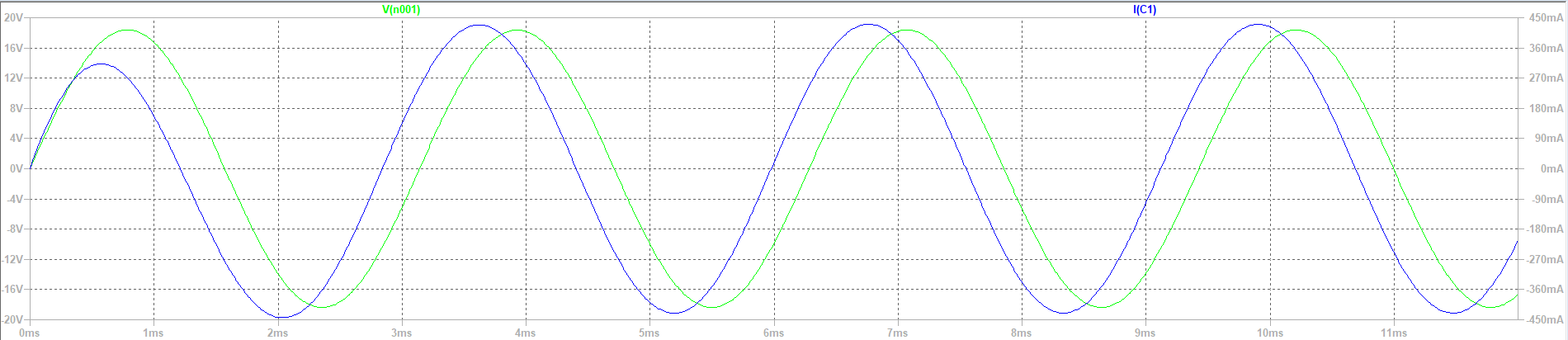


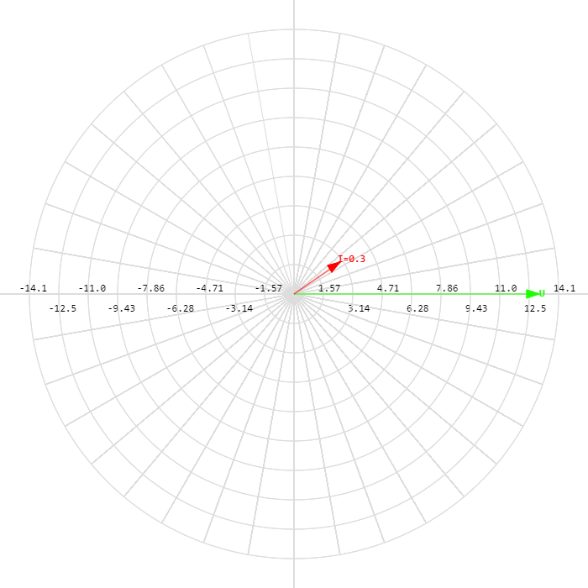
График 3 Исследуемые характеристики

**Полученные измерения:**

**Расчётные формулы:**

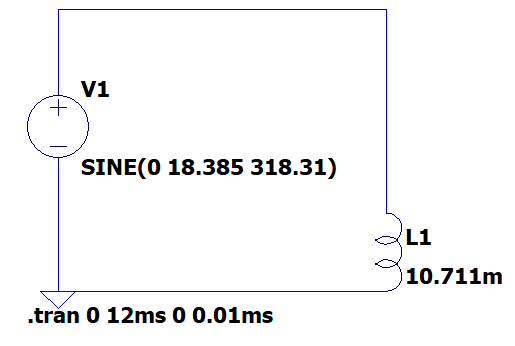
Дано:

Решение:



Векторная диаграмма 3

## Схема 4

****

Изображение 4 Схема 4

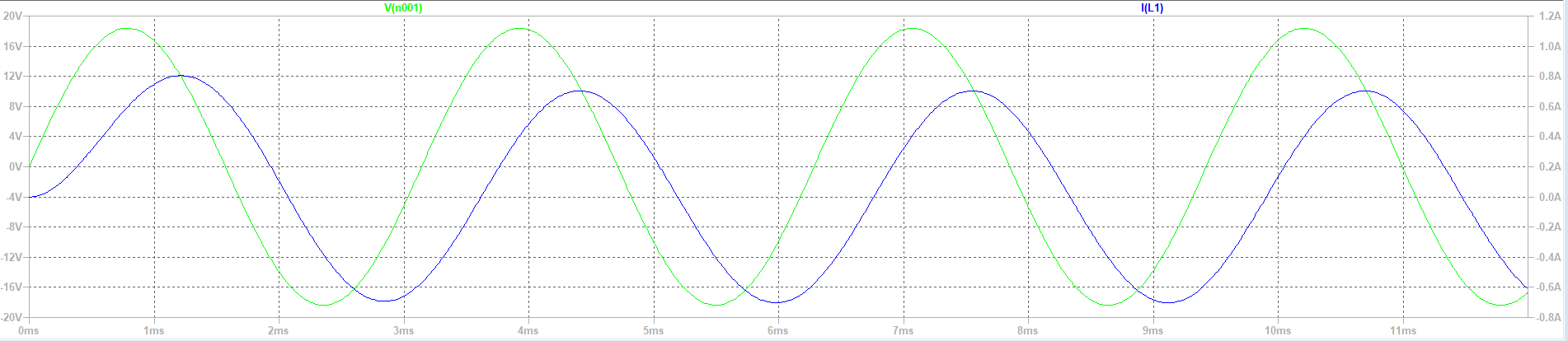
****

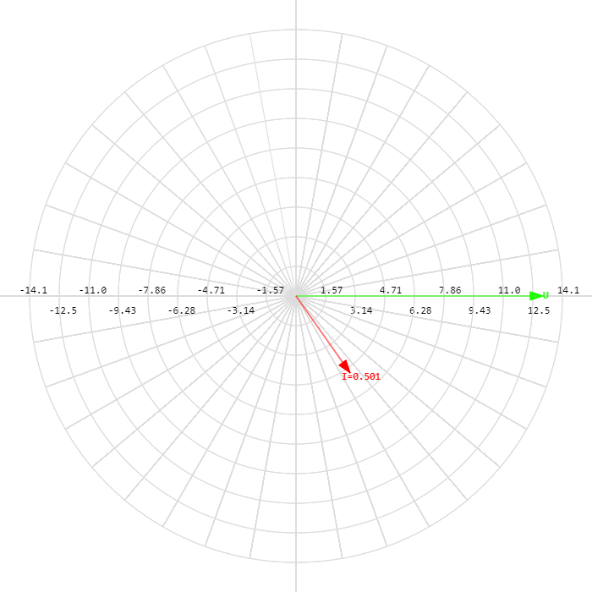
График 4 Исследуемые величины

**Полученные измерения:**

**Расчётные формулы:**

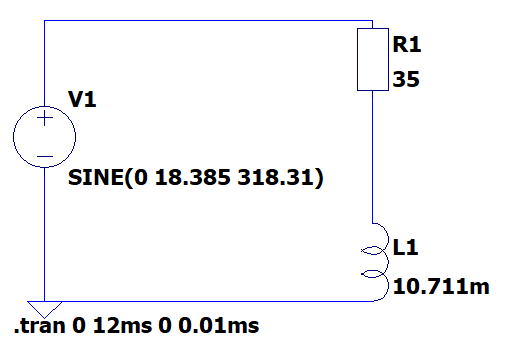
Дано:

Решение:



Векторная диаграмма 4

## Схема 5



Изображение 5 Схема 5

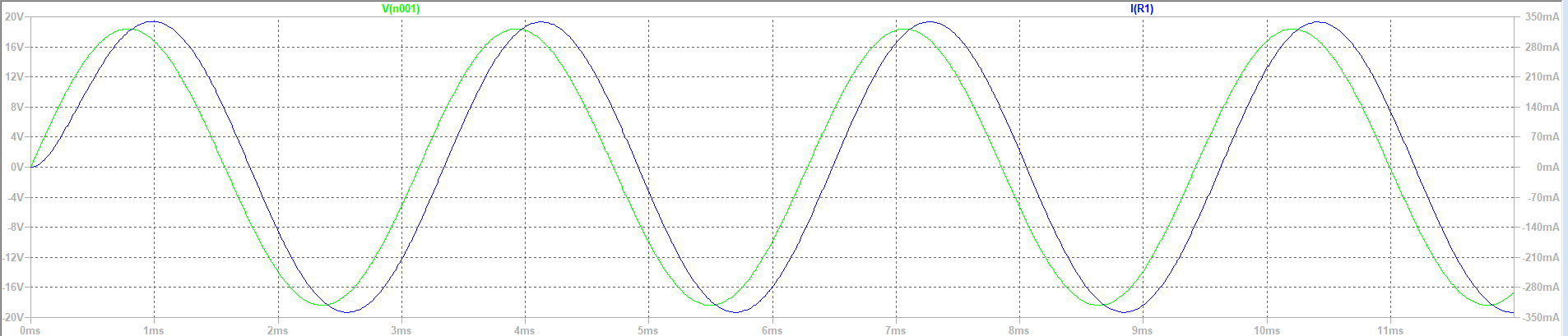


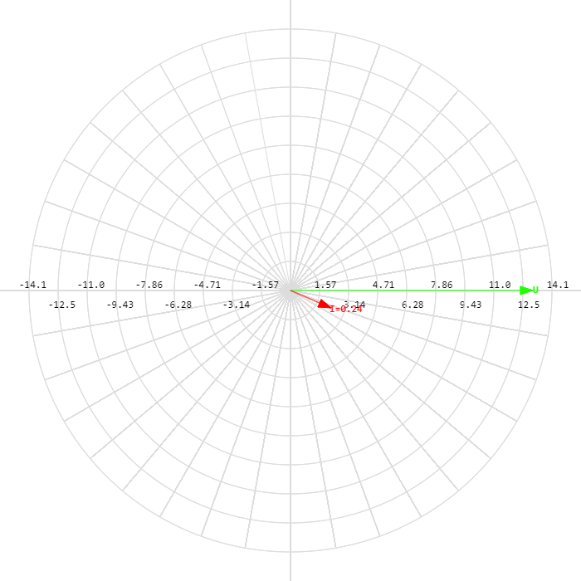
График 5 Исследуемые величины

**Полученные измерения:**

**Расчётные формулы:**

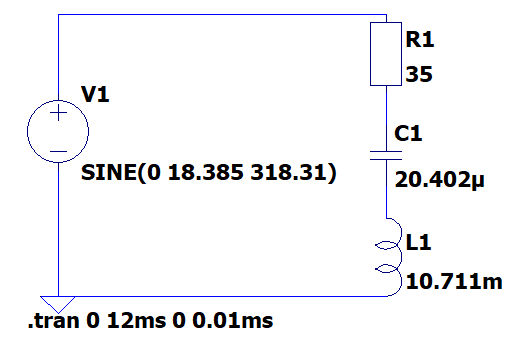
Дано:

Решение:



Векторная диаграмма 5

## Схема 6



Изображение 6 Схема 6

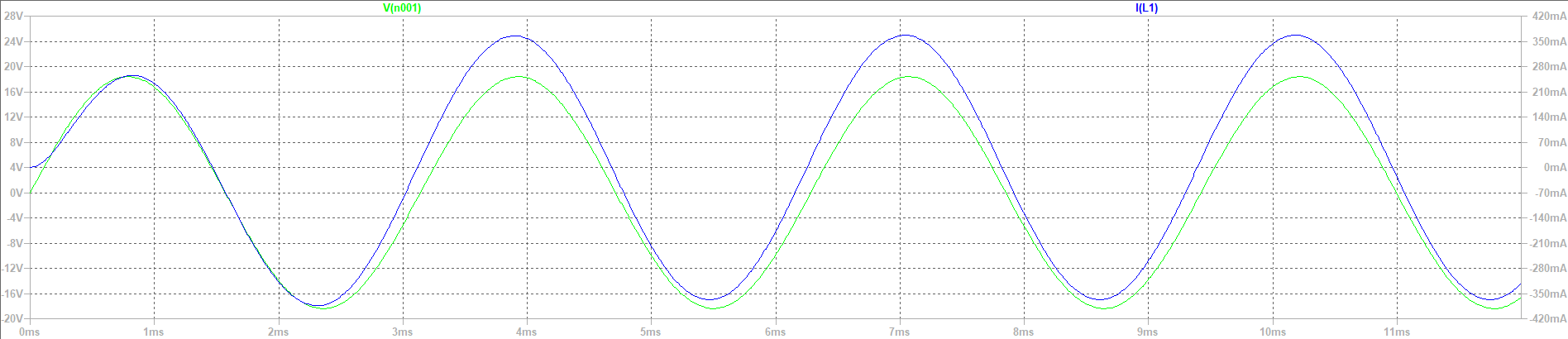


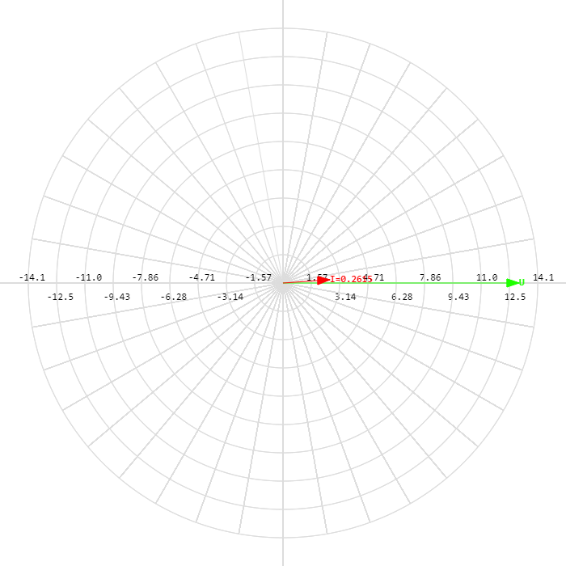
График 6 Исследуемые величины

**Полученные измерения:**

**Расчётные формулы:**

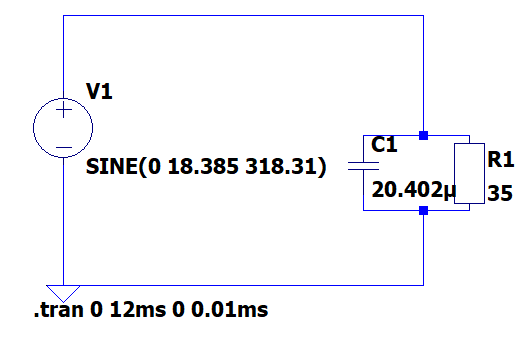
Дано:

Решение:



Векторная диаграмма 6

## Схема 7



Изображение 7 Схема 7

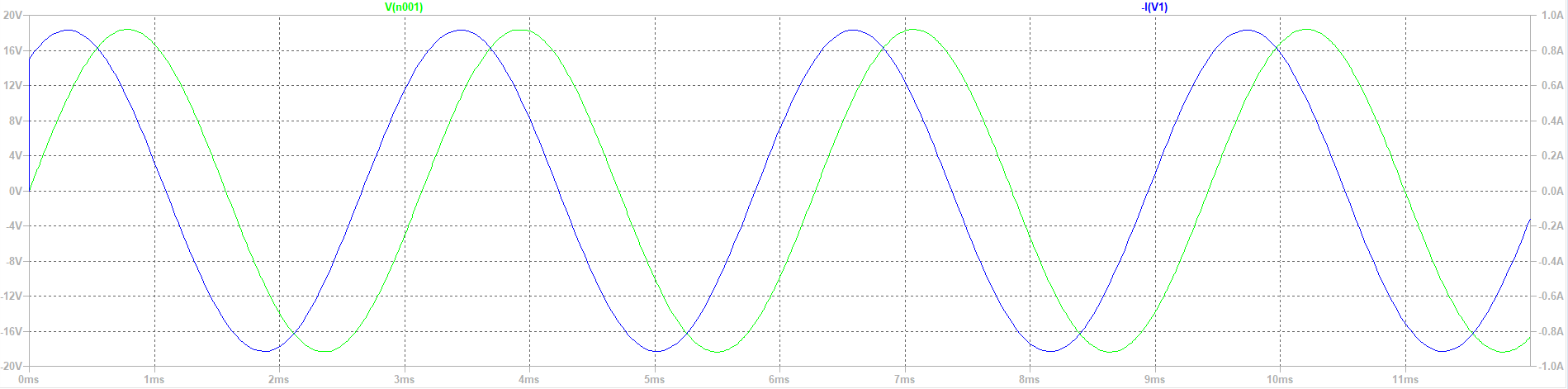


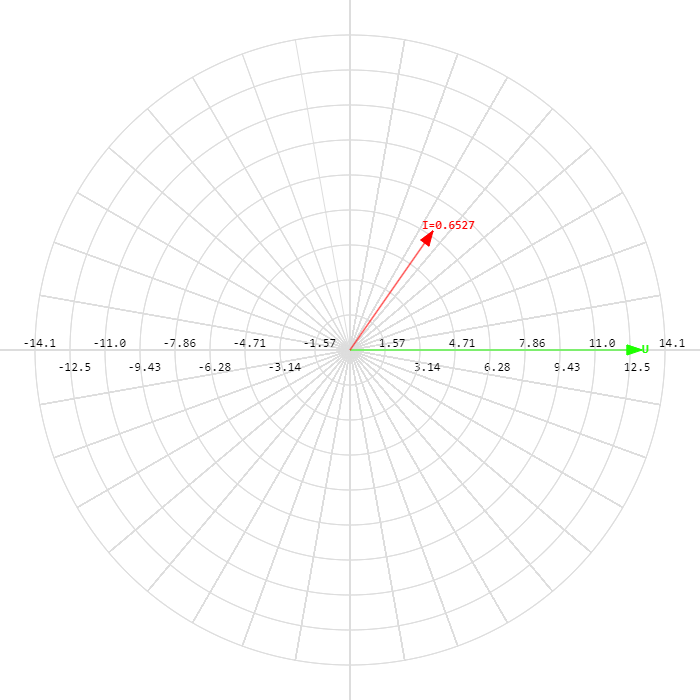
График 7 Исследуемые величины

**Полученные измерения:**

**Расчётные формулы:**

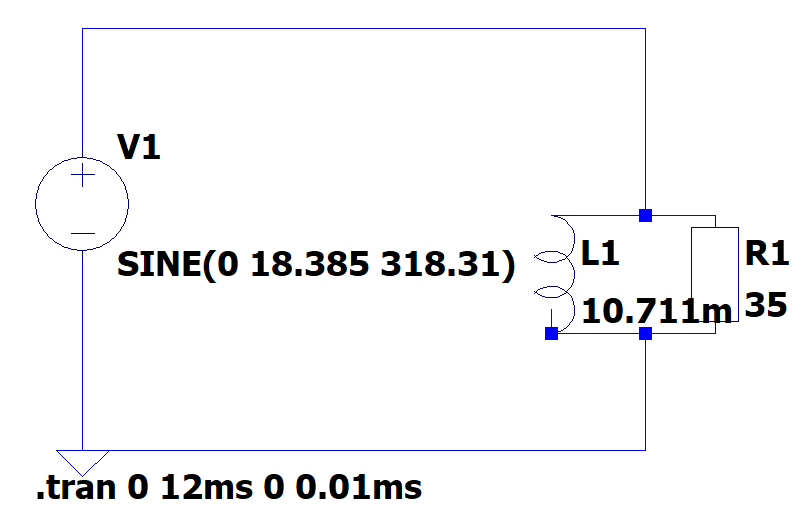
Дано:

Решение:



Векторная диаграмма 7

## Схема 8



Изображение 8 Схема 8

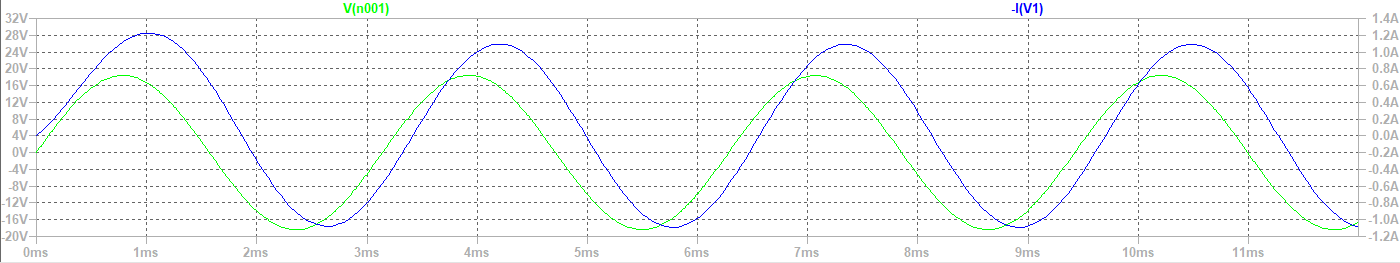


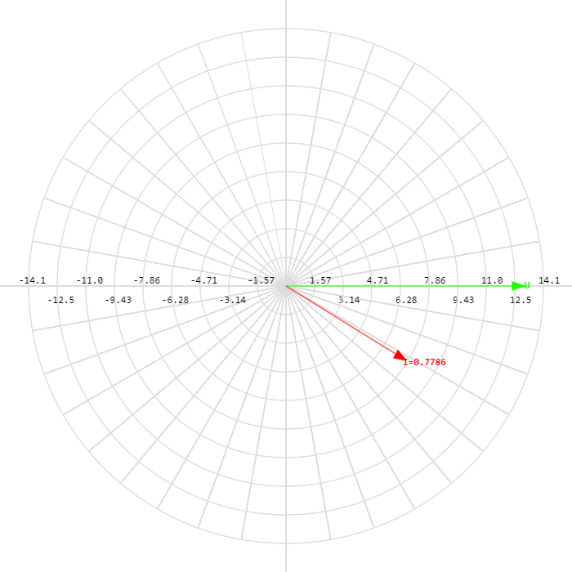
График 8 Исследуемые величины

**Полученные измерения:**

**Расчётные формулы:**

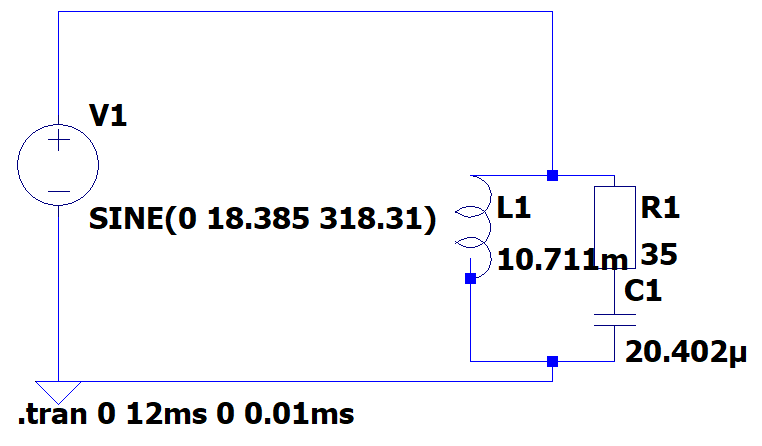
Дано:

Решение:



Векторная диаграмма 8

## Схема 9



Изображение 9 Схема 9

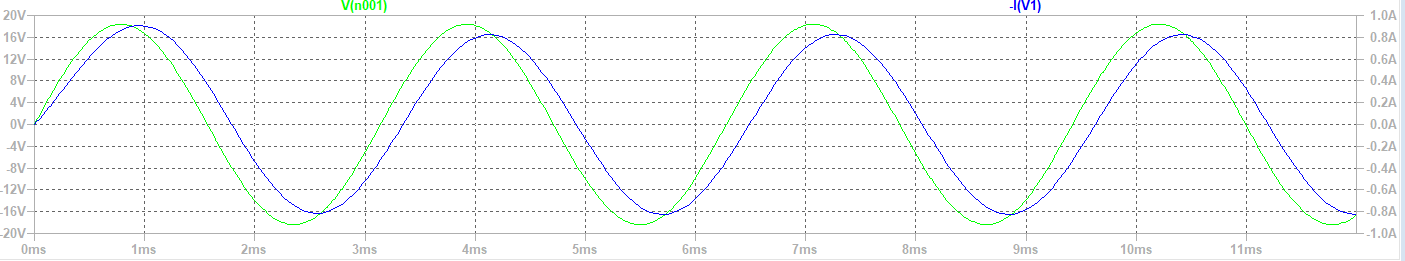


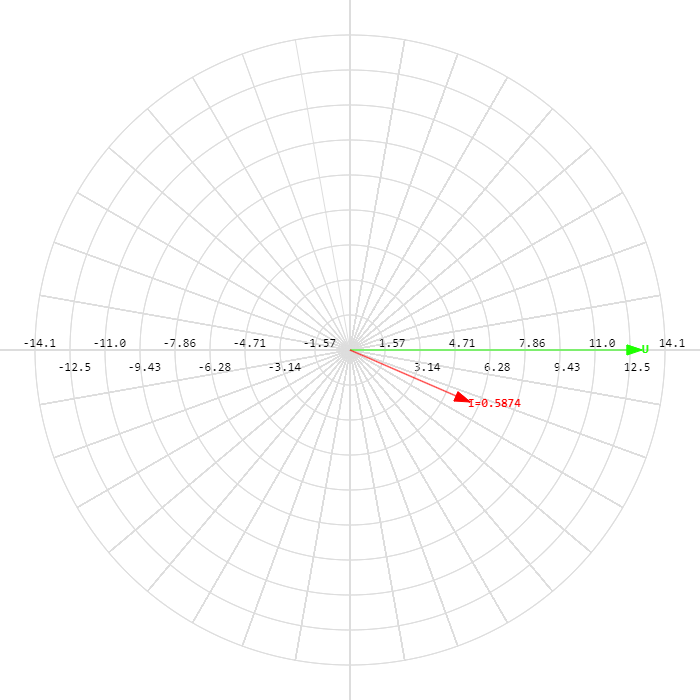
График 9 Исследуемые характеристики

**Полученные измерения:**

**Расчётные формулы:**

Дано:

Решение:



Векторная диаграмма 9

## Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер схемы цепи |  | | | |  | | |  | | |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |

## Вывод по части 1:

В ходе выполнения лабораторной работы были исследованы различные схемы линейных двухполюсников в цепях однофазного синусоидального тока. Для каждой схемы были измерены и рассчитаны токи, напряжения и фазы, а также построены векторные диаграммы. Результаты измерений совпали с теоретическими расчетами, что подтверждает корректность выбранных методов анализа и расчетов.

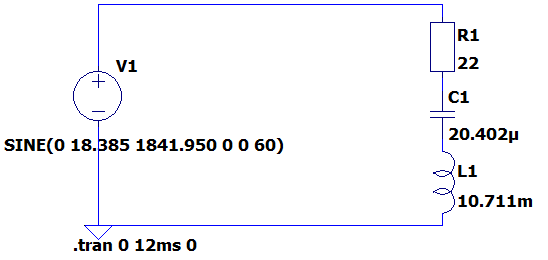
Особое внимание уделено следующим моментам:

* Изучены особенности работы цепей с индуктивными и емкостными элементами.
* Выявлены эффекты резонанса напряжений и токов в цепях, содержащих индуктивности и емкости.
* Подтверждены теоретические зависимости тока от сопротивления, индуктивности и емкости элементов цепи.

Полученные данные демонстрируют, что при изменении параметров цепи (сопротивления, индуктивности, емкости) изменяются не только ток и напряжение, но и их фазовый сдвиг. Это позволяет глубже понять процессы, происходящие в линейных электрических цепях, и применять данные знания для проектирования реальных электротехнических систем.

# **2 часть**

## Схема 6:



Изображение Схема 6

**Расчет резонансной частоты:**

Дано:

Найти:

Решение:

Ответ:

## Таблица измерений и расчетов 2.3:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f |  | | | | | | | | | |
| Расчет | | | | | Эксперимент | | | | |
|  | | | | |  | | | | |
|  | I |  |  |  |  | I |  |  |  |
| Гц | ° | А | В | | | ° | А | В | | |
| 34.0462 | -80.736 | 0.0565 | 1.244 | 0.858 | 12.960 | -80.74 | 0.056 | 1.239 | 0.857 | 12.954 |
| 68.0924 | -71.406 | 0.112 | 2.465 | 1.757 | 12.835 | -71.41 | 0.111 | 2.441 | 1.753 | 12.863 |
| 102.139 | -61.971 | 0.1651 | 3.632 | 2.724 | 12.610 | -61.97 | 0.162 | 3.574 | 2.712 | 12.700 |
| 136.185 | -52.441 | 0.2142 | 4.712 | 3.765 | 12.268 | -52.43 | 0.209 | 4.600 | 3.733 | 12.453 |
| 170.231 | -42.889 | 0.2574 | 5.663 | 4.859 | 11.797 | -42.9 | 0.249 | 5.483 | 4.794 | 12.114 |
| 204.277 | -33.447 | 0.2932 | 6.450 | 5.965 | 11.195 | -33.6 | 0.282 | 6.197 | 5.855 | 11.684 |
| 238.323 | -24.284 | 0.3203 | 7.046 | 7.033 | 10.483 | -24.68 | 0.306 | 6.731 | 6.870 | 11.180 |
| 272.37 | -15.571 | 0.3385 | 7.446 | 8.016 | 9.694 | -16.21 | 0.322 | 7.094 | 7.802 | 10.631 |
| 306.416 | -7.448 | 0.3484 | 7.665 | 8.884 | 8.869 | -8.2 | 0.332 | 7.309 | 8.626 | 10.069 |
| 340.462 | 0 | 0.3514 | 7.730 | 9.622 | 8.050 | 0 | 0.337 | 7.405 | 9.334 | 9.527 |
| 374.508 | 6.742 | 0.3489 | 7.676 | 10.234 | 7.268 | 6.54 | 0.337 | 7.410 | 9.930 | 9.031 |
| 408.554 | 12.793 | 0.3426 | 7.538 | 10.731 | 6.542 | 13.35 | 0.334 | 7.351 | 10.425 | 8.596 |
| 442.601 | 18.195 | 0.3338 | 7.343 | 11.132 | 5.883 | 19.83 | 0.329 | 7.248 | 10.834 | 8.228 |
| 476.647 | 23.008 | 0.3234 | 7.115 | 11.452 | 5.293 | 26.02 | 0.324 | 7.118 | 11.172 | 7.928 |
| 510.693 | 27.296 | 0.3122 | 6.869 | 11.709 | 4.769 | 31.95 | 0.317 | 6.973 | 11.451 | 7.691 |
| 544.739 | 31.123 | 0.3008 | 6.617 | 11.914 | 4.307 | 37.66 | 0.310 | 6.821 | 11.683 | 7.510 |
| 578.785 | 34.546 | 0.2894 | 6.367 | 12.079 | 3.901 | 43.17 | 0.303 | 6.668 | 11.878 | 7.378 |
| 612.832 | 37.619 | 0.2783 | 6.123 | 12.213 | 3.543 | 48.51 | 0.296 | 6.518 | 12.042 | 7.286 |
| 646.878 | 40.387 | 0.2676 | 5.888 | 12.323 | 3.227 | 53.7 | 0.290 | 6.375 | 12.184 | 7.229 |
| 680.924 | 42.889 | 0.2574 | 5.663 | 12.413 | 2.949 | 58.76 | 0.284 | 6.240 | 12.305 | 7.199 |

**Пример расчета для строки 1:**

Дано:

Найти:

Решение:

**Рассчет :**

Дано:

Найти:

Решение:

*Ответ:*

**Рассчет :**

Дано:

Найти:

Решение:

*Ответ:*

## Графики характеристик для схемы 6:

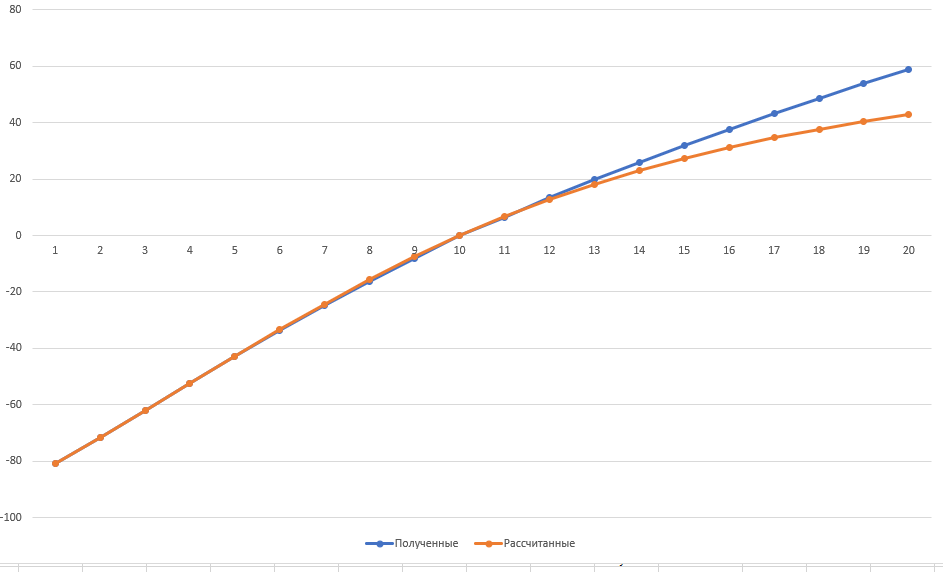


График график изменения 𝜑

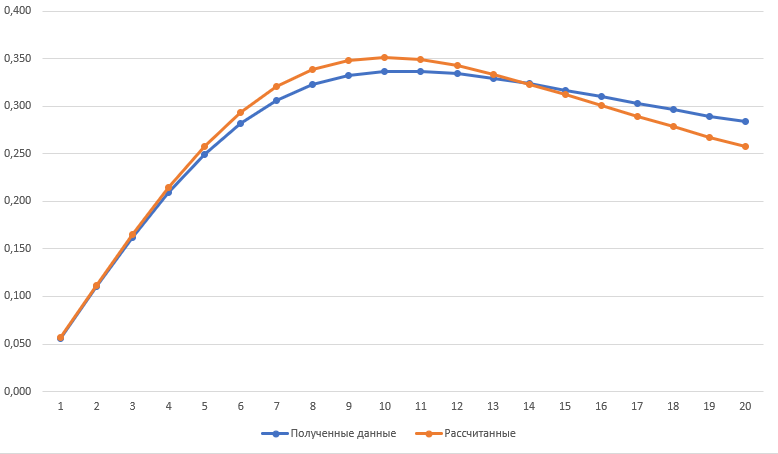


График Входной ток

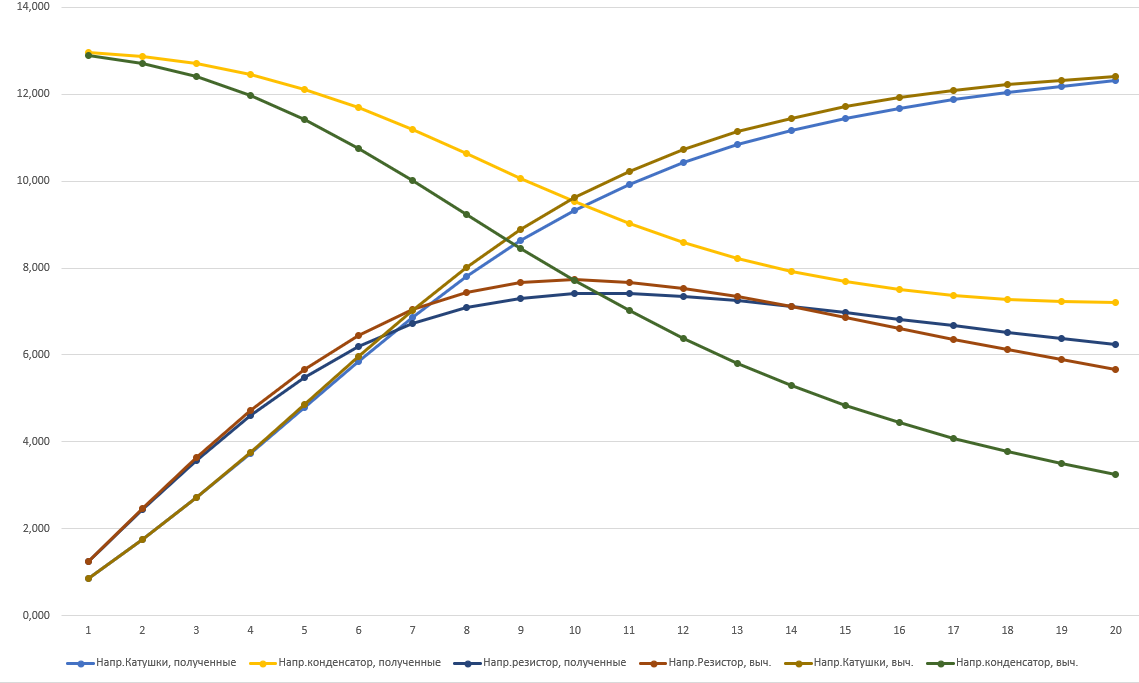
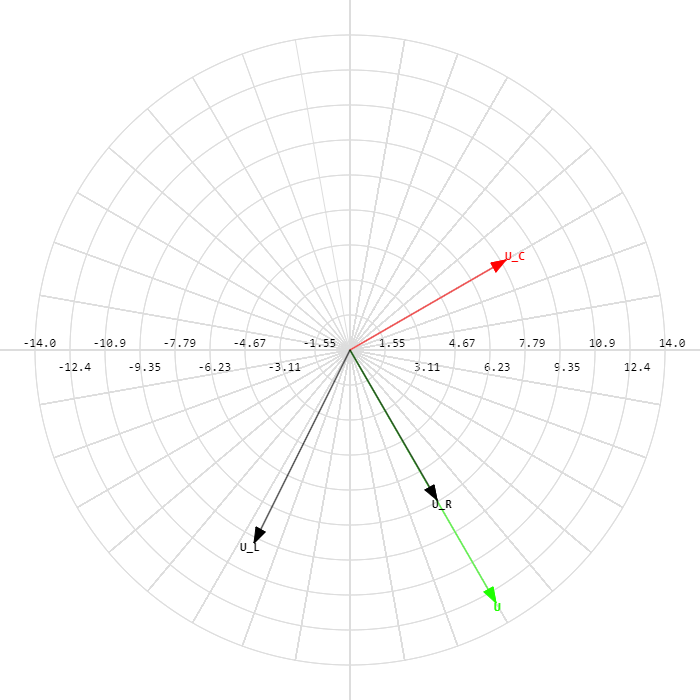


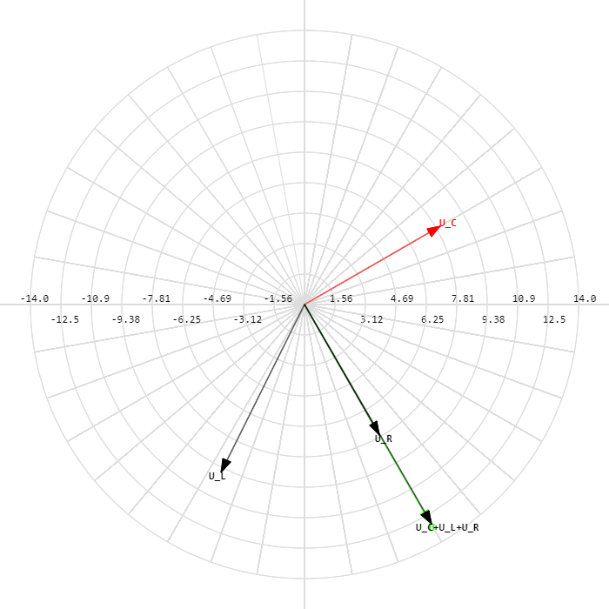
График Напряжения

## Векторная диаграмма для схемы 6:

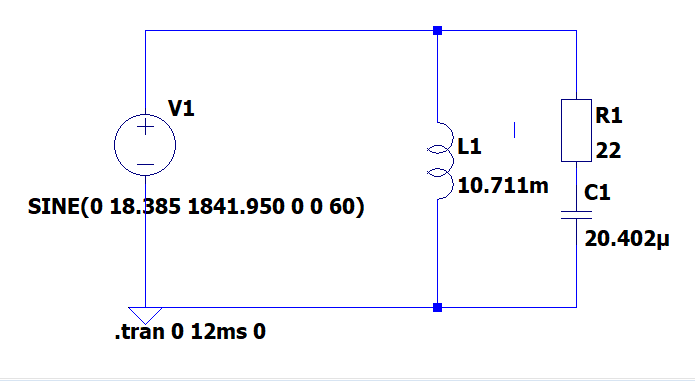


Векторная диаграмма Состояние резонанса схемы 6

Проверка закона Кирхгофа:



## Схема 9:



## Вычисление резонансной частоты:

Дано:

Найти:

Решение:

Ответ:

## Таблица 2.4:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f |  | | | | | | | |
| Расчет | | | | Эксперимент | | | |
|  | I |  |  |  | I |  |  |
| Гц | ° | А | | | ° | А | | |
| 92.098 | 11.776 | 0.794 | 0.801 | 0.149 | 16.2 | 0.791 | 0.798 | 0.148 |
| 184.195 | 16.015 | 0.666 | 0.668 | 0.272 | 19.16 | 0.667 | 0.670 | 0.271 |
| 276.293 | 13.636 | 0.581 | 0.544 | 0.363 | 10.77 | 0.584 | 0.551 | 0.361 |
| 368.391 | 9.336 | 0.546 | 0.449 | 0.426 | 8.89 | 0.550 | 0.462 | 0.423 |
| 460.488 | 5.782 | 0.538 | 0.378 | 0.468 | 2.35 | 0.542 | 0.396 | 0.465 |
| 552.586 | 3.400 | 0.541 | 0.324 | 0.497 | 1.64 | 0.544 | 0.349 | 0.495 |
| 644.684 | 1.900 | 0.546 | 0.283 | 0.518 | 1.900 | 0.550 | 0.315 | 0.515 |
| 736.781 | 0.964 | 0.553 | 0.251 | 0.532 | 1.774 | 0.556 | 0.289 | 0.530 |
| 828.879 | 0.375 | 0.558 | 0.225 | 0.543 | 0.625 | 0.562 | 0.270 | 0.541 |
| 920.977 | 0.000 | 0.563 | 0.204 | 0.551 | 0 | 0.566 | 0.256 | 0.550 |
| 1013.070 | -0.241 | 0.566 | 0.186 | 0.558 | -4.241 | 0.570 | 0.246 | 0.557 |
| 1105.170 | -0.396 | 0.570 | 0.171 | 0.563 | -2.604 | 0.574 | 0.238 | 0.562 |
| 1197.270 | -0.496 | 0.572 | 0.159 | 0.567 | -4.496 | 0.577 | 0.233 | 0.566 |
| 1289.370 | -0.560 | 0.575 | 0.148 | 0.570 | -5.560 | 0.579 | 0.230 | 0.570 |
| 1381.470 | -0.598 | 0.576 | 0.138 | 0.572 | -2.402 | 0.581 | 0.227 | 0.573 |
| 1473.560 | -0.620 | 0.578 | 0.130 | 0.575 | -4.620 | 0.583 | 0.226 | 0.576 |
| 1565.660 | -0.630 | 0.579 | 0.122 | 0.576 | -3.630 | 0.585 | 0.226 | 0.578 |
| 1657.760 | -0.633 | 0.580 | 0.115 | 0.578 | -0.367 | 0.586 | 0.226 | 0.580 |
| 1749.860 | -0.630 | 0.581 | 0.110 | 0.579 | -2.370 | 0.588 | 0.227 | 0.582 |
| 1841.950 | -0.623 | 0.582 | 0.104 | 0.580 | -2.623 | 0.589 | 0.228 | 0.583 |

**Пример расчета для строки 1:**

Дано:

Найти:

Решение:

## Графики характеристик схемы 9:

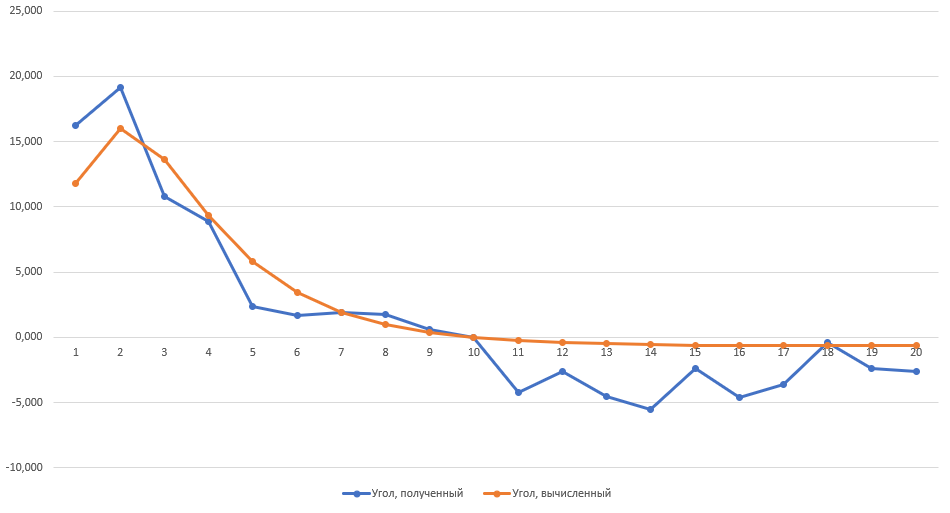


График Характеристики цепи 9. ч.1

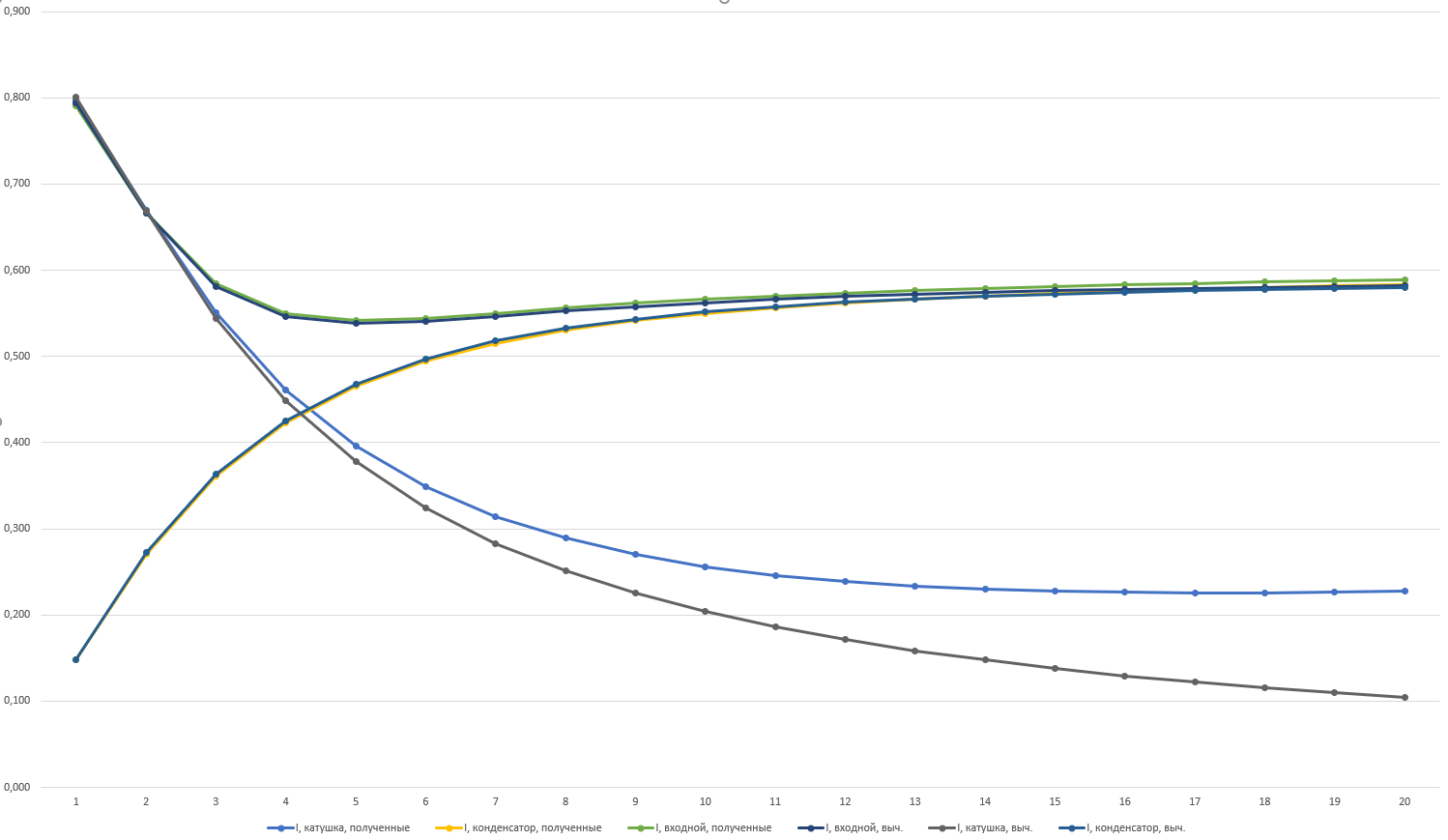
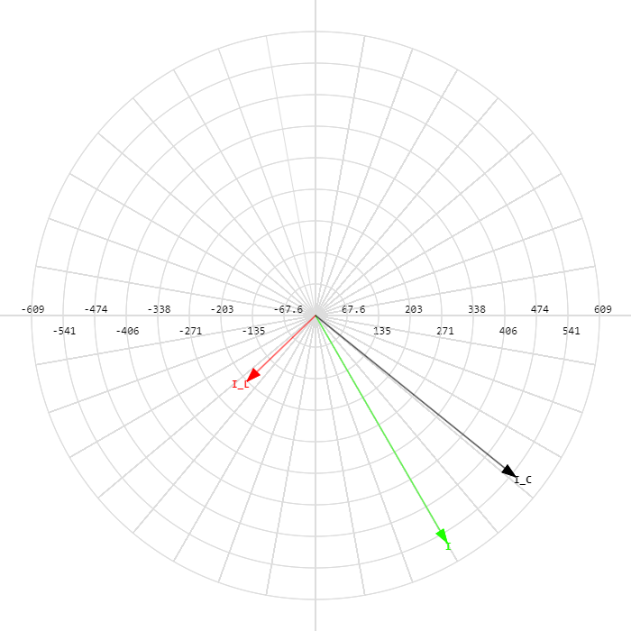
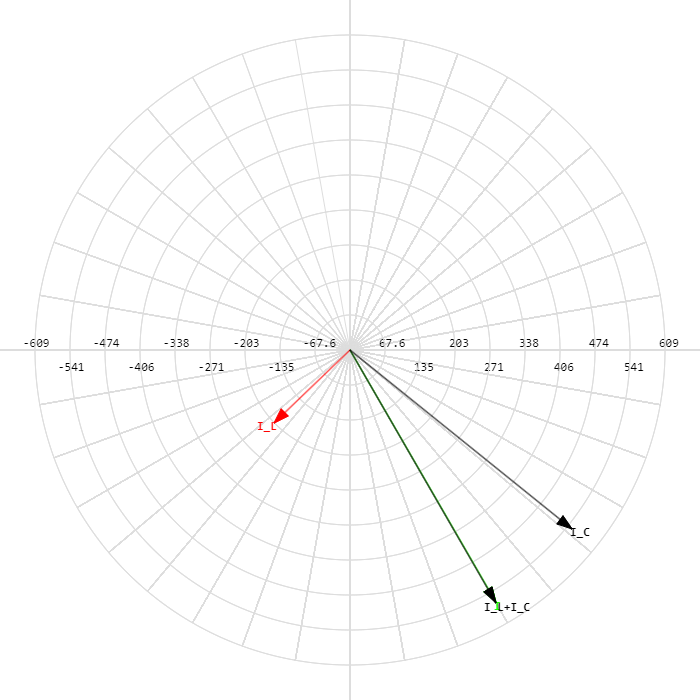


График Характеристики цепи 9. Ч.2

## Векторная диаграмма для схемы 9:



Проверка закона Кирхгофа:



## **Вывод по ч.2:**

В ходе выполнения второй части лабораторной работы были исследованы схемы с индуктивными и емкостными элементами. Основное внимание было уделено изучению резонансных процессов и их влиянию на фазовый сдвиг и амплитуду тока. Проведенные измерения показали, что теоретически рассчитанные значения резонансной частоты, фазовых углов и токов хорошо совпадают с экспериментальными данными, что подтверждает корректность теоретических расчетов и методов, использованных в ходе работы.

Особо было отмечено влияние изменений частоты источника на фазовый сдвиг и величину тока в цепи, что помогает глубже понять процессы, происходящие в линейных цепях переменного тока. Изучены режимы резонанса, что является важным для проектирования эффективных электротехнических систем.

В целом по ходу этих прекрасно потраченых 15 часов, я прошел все стадии принятия, от гнева до собственно принятия, больше мне ничего не страшно. И никакой незнакомец на улице не сможет поставить меня в тупик вопросом о том, как найти угол фазового сдвига в среде моделирования LTspice.